

Peelers vol 1880

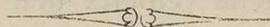
S O P R A

UN NUOVO INDICATORE DELLE VELOCITÀ ANGOLARI.

N O T A

DEL DOTT. ENRICO BERNARDI

M. E. DEL R. ISTITUTO VENETO DI SCIENZE, LETTERE ED ARTI



I. Le cresciute esigenze riguardo alla regolarità di movimento delle macchine, lo studio sempre più accurato e profondo di esse ed il conseguente e progressivo loro perfezionamento, precipuamente contribuirono in questi ultimi tempi a rendere più attiva la ricerca di un istrumento per misurare ad ogni istante e con qualche esattezza la velocità angolare di un dato asse di una macchina.

Si comprende facilmente che per il costruttore di una motrice a vapore riuscirebbe certo utilissimo un istrumento, il quale gli permettesse di riconoscere facilmente ed in modo preciso, se il volante ed il regolatore della sua macchina soddisfino effettivamente alle condizioni in base alle quali vennero calcolati; e ciò allo scopo di trarne profittevoli ammaestramenti per il calcolo e per la materiale costruzione del volante e dell'intero apparato regolatore, ch'egli intende applicare a macchine dello stesso tipo.

D'altro lato interessa moltissimo all'industriale di sapere se il motore fornitogli dal costruttore, corrisponda realmente alle condizioni stabilite nel contratto d'acquisto riguardo alla grandezza ed alle variazioni della velocità

di regime, e per lui può essere sempre assai comodo ed utile un istrumento, per mezzo del quale possa constatare, quando che sia, a colpo d'occhio ed in modo abbastanza esatto, se la sua macchina motrice ha la velocità e la regolarità di movimento, che si richiedono per la perfetta riuscita delle operazioni meccaniche che si eseguono nel suo stabilimento.

Nelle esperienze al freno dinamometrico importa non solamente di conoscere il numero totale dei giri compiuti dall'asse motore durante la prova, ma anche di poter constatare la costanza della velocità dell'asse medesimo, per acquistare la certezza che per tutta la durata dell'esperimento la macchina ha funzionato sempre sotto le stesse condizioni.

Per conservare il posto in isquadra alle navi da guerra si ha sovente bisogno di aumentare o diminuire la velocità del propulsore. In tal caso si apre o si chiude un poco il registro regolatore della macchina, e per giudicare se sia necessario modificare ancora l'introduzione del vapore nei cilindri, si usa contare i giri dell'elice per un minuto o mezzo. Ai conduttori delle macchine delle navi da guerra sarebbe quindi utile assai un istrumento, sul quale ad ogni istante si potesse leggere direttamente la velocità dell'elice. E si deve riconoscere che tale istrumento sarebbe anche di grande utilità per qualunque piroscifo, giacchè nei viaggi di mare la pronta conoscenza della velocità angolare del propulsore deve riuscire sempre di non lieve importanza.

Gl'ingegneri delle ferrovie, che si dovettero dedicare ad esperienze ove importava conoscere con esattezza qual era e come variava la velocità di un treno, sentirono il bisogno di un apparecchio che indicasse questa velocità ad ogni istante, o, ciò che torna lo stesso, che ad ogni istante determinasse la velocità di rotazione di uno degli

assi o sale del convoglio. Nelle memorabili prove comparative che vennero fatte a Newark nel 1875 su diversi sistemi di freni continui, si sono disposte le cose in guisa, che il treno, per mezzo di una corrente elettrica, registrava il suo passaggio di sessanta in sessanta metri, e ciò per conoscere, almeno in via di approssimazione, come variava la sua velocità sotto l'azione del freno soggetto alla prova.

La necessità di un buon misuratore della velocità del convoglio negli esperimenti sui freni continui, spinse anzi l'inventore di uno dei più riputati sistemi di questi freni, il sig. Westinghouse, ad immaginare ed applicare uno strumento assai ingegnoso, ma alquanto complesso, il quale non solo indicava ma registrava anche la velocità predetta.

Indipendentemente da qualunque esperimento speciale sulla velocità dei treni ferroviari, sarebbe poi certamente utile l'applicare in modo permanente un indicatore della velocità del treno sulla loggetta della locomotiva. Il macchinista leggerebbe allora questa velocità come legge la pressione in caldaja sul manometro; giudicherebbe così a colpo d'occhio l'effetto delle manovre da lui eseguite sui registri della macchina, ed avrebbe un sicuro criterio per mantenere il treno in orario.

Le macchine a vapore fisse o le motrici idrauliche prive di un regolatore automatico vengono necessariamente regolate dalla mano di un macchinista. Sarebbe quindi vantaggioso che a costui fosse dato un mezzo per accorgersi dei cangiamenti anche piccoli che sopravvengono nella velocità della macchina, e seguire l'effetto delle sue manovre per ricondurre l'albero motore alla velocità di regime.

Per le macchine dinamo-elettriche infine, che diedero un sì potente impulso alle più splendide applicazioni della elettricità, che sempre più si diffondono e che finiranno col sostituirsi agli ordinari elettromotori anche negli uffici

telegrafici (1), sarebbe certo molto opportuno uno strumento indicatore della velocità delle bobine indotte, giacchè da questa velocità dipende la forza elettromotrice sviluppata dalla macchina.

Ho detto tutto ciò per mostrare l'importanza di un istrumento, che, essendo veramente pratico, potesse servire indistintamente a tutti gli usi predetti. Molti furono gl'istrumenti di questa specie, che nell'ultima decina di anni vennero proposti. Essi vennero chiamati *indicatori* o *misuratori di velocità*, oppure, più brevemente, *tachimetri*.

2. Prima di passare in rapida rassegna i tachimetri principali fino ad ora immaginati, credo opportuno di avvertire che, meno qualche eccezione, il principio teorico su cui si fondano i misuratori delle velocità angolari, è lo stesso di quello che serve di base ai meccanismi ordinati alla regolazione automatica delle macchine. Negli uni e negli altri, cioè, le variazioni di una forza dipendente dalla velocità angolare del loro asse, dà luogo ad un determinato cangiamento di posizione assoluta o relativa di alcune loro parti, e questo cangiamento di posizione vien messo a profitto o per indicare la detta velocità (tachimetri), o per far giocare opportunamente i registri che servono a regolare il moto della macchina da cui ricevono il movimento (regolatori automatici).

Le forze, le quali sono funzioni della velocità, sono dovute sempre alla proprietà posseduta da tutti i corpi di reagire contro le cause che li costringono a mutare in

(1) L'americana *Western Union Telegraph Company*, sta ora per applicare tre serie di macchine dinamo-elettriche (sistema Siemens), in sostituzione dei 19000 elementi idroelettrici che attualmente funzionano nel suo Ufficio. Queste tre serie di macchine occuperanno il decimo dello spazio necessario ai predetti elementi. Un solo motore le metterà in movimento, e saranno sorvegliate da un solo meccanico.

modo qualsiasi il proprio movimento. Fra queste forze, per l'argomento che ci occupa, meritano speciale attenzione la forza centrifuga, e la spinta esercitata da un fluido in moto contro una superficie ferma, o di una superficie che si muove contro un fluido immobile. — La maggior parte dei tachimetri e dei regolatori automatici funzionano per forza centrifuga; un numero relativamente assai più limitato adempiono al loro ufficio per la spinta di un fluido contro una superficie.

In generale, qualunque regolatore automatico è anche un indicatore di velocità, e badando ai suoi movimenti si può riconoscere se la velocità della macchina, a cui è applicato, cresca o diminuisca e se ne sieno grandi o piccole le variazioni. Per le macchine provvedute di regolatore automatico è l'ampiezza di questi movimenti, che ordinariamente serve di criterio per giudicare della regolarità del loro moto; nelle macchine poi che ne sono prive, questo giudizio non può farsi che a senso pratico. È inutile il dire che questi modi di giudicare della regolarità di movimento di una macchina sono imperfettissimi, e se hanno poco valore per chi da lungo tempo ha in pratica la macchina, ne hanno pochissimo o punto per chi la vede per la prima volta.

3. Dopo quello che abbiamo detto di sopra, dobbiamo aspettarci di trovare fra i tachimetri proposti alcuni istrumenti derivati dal tradizionale regolatore a palle, e nell'accennare ai principali misuratori di velocità che fino ad oggi vennero immaginati, cominceremo appunto da uno di questi, dal tachimetro di Hearson, chiamato dal suo inventore *strofometro* (1).

Questo istrumento consiste in un vero pendolo conico ad asse verticale, ove la forza centrifuga delle palle è equi-

(1) Da *στροφη*, rivolgimento.

librata sul manicotto da una molla ad elica cilindrica. Per mezzo di una dentiera e di un rocchetto il movimento verticale del manicotto è trasformato in quello circolare di una lancetta, e questa indica direttamente sopra un quadrante la velocità angolare dell'asse del pendolo. Gli spostamenti del manicotto non essendo proporzionali alle variazioni della detta velocità, le divisioni del quadrante non sono eguali fra loro. — Questo strumento venne ideato per servire alle macchine marine, ed una disposizione molto ingegnosa serve ad impedire che esso senta i bruschi cangiamenti di velocità dell'elice, quando a mare burrascoso questa esce in tutto od in parte dall'acqua. Ecco in qual modo il sig. Hearson ha raggiunto questo scopo: Alla estremità inferiore del pendolo conico è calettato un tamburo *A* che funziona come volante. Al di sotto può girare un secondo tamburo *B* eguale al precedente, ed al di sotto ancora una puleggia che per mezzo di una cinghia riceve il moto dell'albero del propulsore. Gli assi del pendolo, del tamburo *B* e della puleggia sono sulla stessa verticale, ed uno qualunque può girare indipendentemente dagli altri due. All'asse della puleggia sono congiunte due o più catene di breve lunghezza, le quali, durante il movimento, si distendono per la forza centrifuga, e vanno a sfregare colle loro estremità libere contro la superficie interna del tamburo *B*. Per questo sfregamento il tamburo medesimo a poco a poco si mette a girare, e, com'è ben chiaro, finisce coll'acquistare la stessa velocità della puleggia. All'asse del predetto tamburo sono fissate altre catene, le quali nella stessa maniera trasmettono il moto al tamburo *A* e quindi al pendolo. Ora, mentre la puleggia partecipa di tutti i cangiamenti di velocità del propulsore, il pendolo conico e quindi l'indice dell'istrumento, non possono sentirli se non durano un tempo sufficiente perchè vengano

trasmessi, per il semplice attrito delle catene, dalla puleggia al tamburo *B* e da questo al tamburo *A*.

Volendo impiegare il descritto tachimetro per iscoprire le variazioni di velocità che avvengono entro brevi periodi di tempo, si applica una spina, che trapassando i due tamburi e la puleggia rende il pendolo direttamente solidario di questa.

Lo *strofometro* di Hearson è un buono ed ingegnoso strumento; non potrebbe però essere applicato ai treni ferroviari, perchè il suo indice risentirebbe i sussulti del carro su cui fosse collocato, e l'indicazione tachimetrica riuscirebbe così alquanto incerta.

4. L'ingegnere inglese Wier ha immaginato tre disposizioni differenti per un apparecchio misuratore della velocità angolare di un dato asse. Nella prima, un elice gira nell'aria o in un liquido e può spostarsi nella direzione del suo asse. La reazione del fluido nel senso di questo asse è equilibrata dalla tensione di una molla, e così le posizioni che l'elice va ad occupare lungo l'albero su cui gira, sono differenti secondo la grandezza della sua velocità angolare, e da questa completamente determinate. È così che sopra un regolo opportunamente diviso e parallelo all'asse dell'elice, si leggono le predette posizioni e con esse le velocità angolari che a loro corrispondono.

Nella seconda disposizione il meccanismo tachimetrico è un regolatore a forza centrifuga come nello *strofometro* di Hearson.

Nella terza, infine, di cui parecchi esemplari figuravano alla Esposizione di *South Kensington* del 1873, è ancora un elice l'organo principale dello strumento. Qui però l'elice è fissa sul proprio asse, e gira dentro a un tamburo tutto chiuso e completamente riempito di un liquido. A ciascuna parete piana di questo tamburo si congiunge un

tubo, che comunica coll' interno del tamburo medesimo, e che si ripiega verticalmente all' insù. Il liquido contenuto nel tamburo riempie in parte questi tubi, e quando l' elice è ferma si dispone in essi allo stesso livello. Appena però l' elice gira, per la differenza di pressione che si stabilisce sul dinanzi e sul di dietro di essa, il liquido si alza nell' uno e si abbassa nell' altro. La differenza di livello del liquido nei due tubi, od anche lo spostamento del livello medesimo in uno solo, dipende dalla velocità angolare dell' elice e può quindi servire a determinarla.

Il primo di questi tachimetri deve riuscire poco sensibile, giacchè l' elice per spostarsi nella direzione del proprio asse, ha da vincere una resistenza d' attrito di certo considerevole, essendo necessariamente un punto di scorrimento quello su cui va ad esercitarsi lo sforzo che la fa girare. D'altro canto la scala delle velocità non vi può avere che piccola estensione, poichè in caso diverso o la lettura della velocità riuscirebbe malsicura, o l' istrumento risulterebbe soverchiamente lungo.

Il secondo dei preaccennati istrumenti sembra non essere migliore di quello di Hearson, e come questo e per la stessa ragione non sarebbe applicabile ad un carro ferroviario.

Il terzo infine è semplice assai, ma, come nel primo, la scala delle velocità non vi può essere abbastanza estesa. Di più, i disperdimenti difficilmente evitabili del liquido contenuto nell' apparecchio, o l' eventuale introduzione di poca aria nel tamburo ov' è rinchiusa l' elice, ne falsano le indicazioni, e perciò il suo trasporto richiederebbe riguardi non pochi, qualora dovesse venire impiegato per esperienze e studî su macchine giacenti in luoghi diversi. Per ultimo, serve da indice il livello di un liquido; e perciò l' istrumento non potrebbe essere convenientemente applicato ai treni ferroviari, ove i sussulti e le vibrazioni

a cui andrebbe soggetto darebbero non poca incertezza alle sue indicazioni.

Per quanto io sappia nessuno dei tre tachimetri del sig. Wier diedero prove di pratica applicazione. Ho però voluto accennare ad essi perchè il primo e l'ultimo adempiono al loro ufficio per la spinta di una superficie in moto contro un fluido fermo, mentre in tutti gli altri, fino ad ora proposti e venuti a mia conoscenza, è sempre la forza centrifuga che ne determina le indicazioni.

5. Ho già accennato in addietro che l'inventore del freno continuo ed automatico ad aria compressa, sig. Westinghouse, ha immaginato un tachimetro specialmente ordinato per servire alle esperienze sui freni continui.

Ecco ora la sommaria descrizione di questo apparecchio.

In una camera *A* è spinta continuamente dell'acqua, e la pressione di questa vi è mantenuta pressochè costante. Dalla camera *A* l'acqua passa in un'altra *B*, dalla quale non può uscire all'esterno che per un orificio *o*, abbastanza ampio e munito di una valvola, che si apre dal di dentro al di fuori. Il condotto che mette in comunicazione le due camere *A* e *B* è ristrettissimo, e perciò la pressione in *B* è quasi zero se l'orificio *o* è completamente aperto, ed eguale invece a quella in *A* se totalmente chiuso. Esercitando quindi uno sforzo maggiore o minore sulla valvola per chiudere più o meno il predetto orificio, si determina un aumento od una diminuzione corrispondente di pressione nella camera *B*. Una specie di regolatore a forza centrifuga, il cui asse è orizzontale e costituisce l'asse dell'istrumento, esercita questo sforzo, e lo esercita tanto maggiore quanto più grande è la sua velocità. Da ciò segue che le variazioni di questa si traducono in corrispondenti cangiamenti di pressione dell'acqua nella camera *B*, ed è così che un manometro applicato a

questa camera ed opportunamente graduato, indica la velocità angolare dell'asse dell'istrumento.

Questo tachimetro è molto ingegnoso, ma per contro assai complesso; e non si sa capire per quale ragione il sig. Westinghouse abbia voluto approfittare in modo tanto indiretto della forza centrifuga per raggiungere lo scopo a cui destinava l'istrumento.

Un meccanismo aggiunto all'apparecchio permette di trarre anche dei diagrammi delle velocità di un treno, e questi diagrammi si ottennero infatti nelle prove fatte nel 1876 sulla *Pennsylvania Railroad*, divisione di Pittsburg, col freno automatico dello stesso Westinghouse. In queste prove il tachimetro corrispose abbastanza bene all'aspettazione, ma non si può negare che richieda cure non poche, e che sia delicato assai e costoso. Manca quindi di quelle qualità che un indicatore di velocità dovrebbe possedere per essere di uso comune e servire alle svariate applicazioni di cui è suscettibile.

6. Il tachimetro del sig. Butler, che figurava alla Esposizione industriale di Belfast nel 1876, e che procurò anche una ricompensa al suo inventore, è originale ed abbastanza semplice. — Un vaso, che ha la forma di un solido di rivoluzione, è fissato ad un asse verticale e gira con esso. Dentro a questo vaso, e ad esso congiunto, giace un secondo vaso di forma cilindrica, e così l'insieme dei due recipienti presenta l'aspetto di un bicchiere posto in piedi in una scodella.

Per brevità diremo a la capacità del vaso cilindrico, e b quella compresa fra i due vasi. Presso il fondo del recipiente interno è praticato un forellino, che mette in comunicazione le due predette capacità, per cui, introdotto del mercurio, questo si dispone alla medesima altezza in a ed in b se il sistema è fermo, e ad altezze differenti se gira. Per la forza centrifuga infatti una parte del mer-

curio contenuto in *a* passa in *b* attraversando il sopradetto forellino, e quindi là si abbassa e qui si eleva. È poi chiaro che la superficie del mercurio in *a* tanto più si deprime, quanto più grande è la velocità angolare del sistema. Un galleggiante, posto nel vaso cilindrico, segue i movimenti di ascesa e discesa del mercurio, e fa muovere una lancetta, che sopra un quadrante convenientemente graduato indica la velocità angolare dell'asse che porta i due vasi.

Questo apparecchio funziona bene, nè sembra si possa guastare facilmente. Non può essere applicato però che a macchine fisse (1).

7. Un altro tachimetro a liquido, ancora più semplice e che riposa sul medesimo principio; è quello del signor Brown.

Un tubo ad *U*, di cui un ramo almeno è di vetro, contiene mercurio, od acqua od alcool colorati, e per mezzo di un asse verticale può ricevere un movimento di rotazione intorno alla sua branca di vetro. — Se questo tubo è fermo, il liquido si dispone alla medesima altezza nei suoi due rami; se gira, il liquido discende nel ramo di vetro ed ascende nell'altro. Ciò avviene per la forza centrifuga della massa fluida giacente nella parte ricurva del tubo, e per tal modo è facile comprendere che l'estremità della colonna liquida nella branca di vetro, può indicare sopra un regolo opportunamente diviso la velocità angolare.

(1) Per quella connessione che si è veduto esistere fra gl'istrumenti misuratori delle velocità angolari ed i regolatori automatici, non è qui inopportuno avvertire che recentemente il sig. Coignet ha immaginato un regolatore automatico, detto *regolatore a mercurio*, il quale si fonda precisamente sullo stesso principio del tachimetro di Butler. Questo regolatore, presentato alla *Società di scienze industriali di Lione*, venne sottoposto a serie prove e diede risultati molto soddisfacenti.

lare del sistema. È appunto in questo modo che il tachimetro di Brown dà le sue indicazioni.

Anche in questo, come nel primo e terzo degli apparecchi del Wier, la scala delle velocità non può essere abbastanza estesa senza nuocere alla chiarezza dell'indicazione, o senza dare all'istrumento una eccessiva altezza. Le parti dell'apparecchio sono affatto indifese e non potrebbe essere applicato che a macchine fisse.

8. I due tachimetri del sig. Buss sono apparecchi bene studiati. Il n. 1 è destinato per le macchine fisse, il n. 2 per le locomotive e macchine marine. In amendue la parte principale del meccanismo è un pendolo a forza centrifuga. Nel tachimetro n. 1 questo pendolo è costruito sul principio del così detto *pendolo-coseno*; nel n. 2 è invece un pendolo conico equilibrato. Nell'uno e nell'altro apparecchio i movimenti rettilinei del manicotto del rispettivo pendolo, vengono opportunamente trasformati nei movimenti di una lancetta, che sopra un quadrante indica la velocità angolare dell'asse dello strumento. In massima questi due misuratori delle velocità angolari possono dirsi derivati direttamente dal tachimetro di Hearson. Mentre però quest'ultimo non si potrebbe applicare alle locomotive perchè sensibile agli scuotimenti, il tachimetro n. 2 del Buss venne da lui studiato e combinato perchè non avesse a presentare questo inconveniente, e, a quanto si dice, l'inventore sarebbe pienamente riuscito nel suo intento.

Devesi peraltro notare che per rendere l'istrumento veramente insensibile ai brandimenti, non devono essere permessi ai suoi organi che movimenti di rotazione intorno ai loro rispettivi centri di gravità. Ora, questa condizione non può dirsi soddisfatta nell'apparecchio del Buss, e vi è anzi ragione di credere ch'esso sia sensibile agli scuotimenti nella direzione del suo asse.

Nell'uno e nell'altro tachimetro gli attriti fra i vari pezzi che cambiano di posizione relativa, mentre varia la velocità angolare dell'asse dell'istrumento, sono molteplici e lasciano temere la loro influenza per rendere un po' pigri i movimenti della lancetta. Inoltre gli spostamenti del manicotto del pendolo a forza centrifuga vengono alquanto ampliati nel trasformarli in quelli dell'indice, e per tal modo riescono pure ingranditi nello stesso rapporto gli spostamenti anormali e permanenti che coll'uso avvengono nelle parti del meccanismo tachimetrico.

Non ebbi mai l'occasione di vedere a funzionare questi due istrumenti del sig. Buss, però io credo che il n. 1 abbia qualche pregio di più, o forse qualche difetto di meno del n. 2. Infatti, si comprende benissimo perchè un istrumento di misura per una macchina fissa non possa servire egualmente bene per una locomotiva, ma non si può capire perchè un istrumento misuratore, che serve per questa non possa prestare lo stesso servizio per quella. Se l'inventore quindi consiglia il n. 1 per le macchine fisse, vuol dire che questo offre maggiori vantaggi del n. 2.

Per quanto si può giudicare dal semplice esame dei meccanismi, questi maggiori vantaggi sembrano derivare dalle proprietà caratteristiche del pendolo-coseno, che fa parte appunto del tachimetro n. 1, e che, essendo sensibile agli scuotimenti, non avrebbe potuto trovare conveniente applicazione in un tachimetro per treni ferroviari.

In ogni modo gl'indicatori delle velocità angolari del sig. Buss sono bene combinati, e si presentano come i più pratici di quanti fino ad ora vennero proposti. — Figuravano all'ultima Esposizione Universale di Parigi, e, se non erro, vennero premiati con medaglia d'argento.

9. Il *cronotachigrafo* dell'ingegnere Ferrero fa veramente onore al suo inventore. È un istrumento assai semplice e convenientissimo per registrare le fasi di movi-

mento di un treno ferroviario, cioè: ora di arrivo e di partenza in tutte le stazioni; moto diretto o retrogrado; durata delle corse e delle soste; spazio percorso e tempo impiegato a percorrerlo.

Esso si fonda sopra la composizione di due movimenti; l'uno uniforme di una fettuccia di carta; l'altro alternativo di una matita, che, per mezzo di opportuni organi cinematici, riceve il moto da uno degli assi o sale del treno. La forma della linea tracciata dalla matita sulla carta, serve a rilevare bene e facilmente le diverse fasi di movimento del convoglio.

Se però può rendere eminenti servigi alle Società ferroviarie come strumento di controllo, non dà che con grossa approssimazione le variazioni della velocità del treno, ed è così un cattivo misuratore di questa velocità. Oltre a ciò l'istrumento per sua natura non potrebbe prestarsi alle molteplici applicazioni a cui abbiamo fatto cenno in addietro.

Ricordo ancora il tachimetro dei signori Leod e Clarke chiamato *cicloscopio* dagli inventori, il quale è un istrumento che dà con grande precisione la velocità angolare di un asse, ma è delicato e richiede una qualche pratica per usarlo. È, cioè, un apparecchio per laboratorio di fisica. In esso si approfitta di un fatto fisiologico ben noto, ma da cui non si trasse mai partito, almeno per quanto so e ricordo, per la misura della velocità angolare di un asse.

Il *cicloscopio*, come il *cronotachigrafo* dell'ingegnere Ferrero, si fonda sulla composizione di due movimenti, e per ottenerla si approfitta della persistenza delle impressioni luminose sulla nostra retina, come nelle notissime esperienze di Lissajous per la composizione delle vibrazioni. Non potrei dare la descrizione sia pure affatto sommaria dell'apparecchio, senza uscire dai limiti che necessaria-

mente debbo imporre a questa rapida rassegna dei tachimetri fino ad ora proposti. Se il lettore desiderasse questa descrizione legga l'articolo inserito nel periodico *La Nature, revue des sciences* ecc., fasc. 12, luglio 1879, p. 84.

Giova avvertire che i due tachimetri, di cui or ora ho parlato, fanno eccezione, riguardo al principio su cui sono fondati, a tutti gli altri precedentemente descritti. Ad essi perciò non può riferirsi quello che ho detto al n. 2, e non hanno quindi alcun punto di contatto coi regolatori automatici.

Terminerò questa rivista coll' accennare al recente tachimetro a liquido del sig. Napier, altrettanto semplice e forse più di quello di Brown, del quale ha gli stessi inconvenienti col solo vantaggio di occupare minore spazio.

10. Rivolgendo l' attenzione al regolatore automatico di Allen, mi parve che si avrebbe potuto combinare un tachimetro, che, fondato sul medesimo principio di quel regolatore, potesse corrispondere a tutte le esigenze della pratica, risultando nel tempo stesso assai semplice, di piccolo volume, difficile a guastarsi e comodo ad essere trasportato.

Ci pensai, e riuscii a mettere insieme un istrumento che corrispose assai bene alla mia aspettazione, e che, per quanto mi sembra, dovrebbe prestarsi bene alle diverse applicazioni di cui ho tenuto parola al principio di questo scritto.

Prima di procedere alla descrizione di questo mio tachimetro credo conveniente di dare qualche cenno descrittivo del regolatore automatico di Allen, per rendere meglio apparente l' analogia dei due apparecchi.

Nell' interno di un tamburo tutto chiuso, gira liberamente un molinello ordinariamente a sei ali, l' asse del quale esce all' estremo passando per una scatola a stoppa. — Il tamburo porta delle palette piane fissate sulle sue pa-

reti interne, viene completamente riempito di olio, e può girare intorno ad un asse che è sul prolungamento di quello del molinello, ma da questo affatto indipendente. — Sull'asse del tamburo è calettata una specie di carrucola, il cui contorno ha forma speciale, e nella gola della quale si avvolge una catena che porta un peso. L'avvolgimento della catena è fatto in guisa che questo peso tende a far girare il tamburo in senso opposto al molinello, il quale poi riceve il moto dalla macchina motrice a cui il regolatore è applicato. L'olio, spinto con violenza dalle ali del molinello contro le palette del tamburo, lo farebbe continuamente girare se a ciò non si opponesse l'azione del predetto peso; ed è chiaro che per una determinata velocità angolare del molinello vi deve essere equilibrio fra la spinta dell'olio e l'azione del peso, e che allora il tamburo si metterà a girare nell'uno o nell'altro senso, secondo che crescerà o diminuirà la detta velocità.

Dopo ciò è facile comprendere che assegnando un conveniente rapporto alle velocità angolari dell'albero motore della macchina e del molinello, coordinando alla velocità di questo la grandezza del peso che deve equilibrare la spinta dell'olio sulle palette del tamburo, e trasmettendo opportunamente i movimenti del tamburo medesimo ai registri della macchina, il regolatore Allen può mantenere la velocità di questa entro limiti quanto si voglia ristretti.

II. Ciò premesso ecco la descrizione del mio tachimetro:

Due dischi fra loro paralleli sono posti l'uno di fronte all'altro; sono volubili intorno ad assi perpendicolari al loro piano e passanti pel loro centro. Questi assi sono orizzontali, l'uno sul prolungamento dall'altro ed affatto indipendenti. — Sulle faccie che si guardano dei due dischi, sono fissate delle palette piane, disposte in direzione radiale e perpendicolari al piano dei dischi medesimi. Queste

palette non si prolungano fino al centro, ma sono limitate alla metà del raggio dei dischi. Risultano così due molinelli posti l'uno rimpetto all'altro e girevoli intorno ad assi indipendenti. — Codesti molinelli sono racchiusi in un tamburo a scatola cilindrica, che ha il diametro interno di poco maggiore di essi, e che racchiude e protegge tutte le parti operative dell'istrumento. — Il molinello più vicino al fondo di questa scatola, per mezzo di una puleggia calettata sul suo asse e di un cingolo, è posto in continuo movimento di rotazione dall'albero della macchina, del quale si vuole conoscere la velocità angolare. Lo chiameremo perciò *molinello girante*. L'altro molinello è mobilissimo; coll'angolo di cui gira determina, come vedremo, la velocità predetta, e al suo asse è congiunta una lancetta che costituisce l'indice dello strumento. Lo diremo così *molinello indicatore*. — Una molla d'acciajo a spirale piana è fissata colla sua estremità interna all'asse di quest'ultimo molinello, e coll'esterna ad una traversa orizzontale, congiunta alla scatola e disposta secondo un diametro di questa. La soprannominata lancetta si muove sopra un quadrante opportunamente graduato, e l'una e l'altro infine si vedono attraverso una lastra di vetro che chiude la scatola, e rinserra in questa tutto il semplicissimo meccanismo. L'istrumento nell'aspetto assomiglia ad un barometro aneroide.

12. In ciò sta tutto; ed ora è assai facile comprendere in qual modo funzioni lo strumento. L'aria posta in continuo movimento vorticoso dal molinello girante, urta contro le palette del molinello indicatore; questo gira sotto la spinta dell'aria e va fermarsi in quella posizione ove il momento di elasticità della molla fa equilibrio al momento di quella spinta. Quest'ultimo momento è una determinata funzione della velocità del molinello girante; il momento di elasticità della molla è sensibilmente proporzionale all'angolo di rivolgimento della molla medesima; la predetta

posizione di equilibrio quindi, che è poi indicata dalla lancetta sul quadrante, dipende da quella velocità e per tal modo può determinarla.

Acciocchè la lancetta indichi direttamente la velocità del molinello girante, ossia dell'asse dell'istrumento, è mestieri che il quadrante venga diviso in parti disuguali, poichè il momento della spinta dell'aria sul molinello indicatore non è semplicemente proporzionale a quella velocità, ma ne è una funzione ignota e certamente assai complessa.

Ciò però a nulla pregiudica, giacchè, ottenuta in via empirica la graduazione di un primo tachimetro, essa vale per tutti i tachimetri dello stesso modello e delle stesse dimensioni, e basta solo per ognuno di essi regolare la lunghezza della molla spirale in guisa, che l'indicazione sia esatta per un solo punto della scala tachimetrica, perchè lo sia per tutti gli altri.

13. Ho costruito l'istrumento di cartone e legno con gli assi e relativi cuscinetti di metallo. Il diametro interno della scatola è di 160 mill.; il molinello girante ha 12 palette; il molinello indicatore 11.

Quantunque composto di materiali ignobili, le sue indicazioni riuscirono attendibilissime, ed ho potuto anzi istituire con esso alcuni esperimenti per studiare il modo col quale variava la posizione dell'indice col mutare della velocità del molinello girante. Per fare queste esperienze applicai al tachimetro un quadrante di cartoncino inglese diviso in 160 parti eguali, e disposi le cose nel modo seguente:

Una funicella assai flessibile ed a capi riuniti, si avvolgeva sopra una prima carrucola infissa all'asse dell'istrumento; discendeva verticalmente e girava nella gola di una seconda carrucola, il cui asse, mediante una staffa, portava un peso *P*. Questa funicella dirigendosi poi all'insù, si avvolgeva sopra una terza girella fissata ad un asse che por-

tava un volante ed una manovella da condursi a mano. Discendendo infine, e girando sopra un'ultima carrucola a staffa caricata di un peso Q , risaliva al punto di partenza. In poche parole la prenominata funicella era disposta come il *filo eterno* che si usa applicare agli orologi a peso, acciocchè non cessi sul roteggio l'azione motrice mentre si rimonta l'orologio.

Fatto $P > Q$, e tenuta ferma la predetta manovella, il peso P discendeva, il Q ascendeva, e con ciò l'asse del tachimetro ruotava. Facendo girare continuamente la manovella in modo da rialzare il peso P precisamente di quanto discendeva, era possibile mantenere il peso medesimo pressochè alla medesima altezza, e comunicare così il moto per un tempo quanto lungo si voglia all'asse dell'istrumento, senza che questo risentisse le incertezze di movimento della mano motrice. — La velocità dell'asse del tachimetro era così unicamente determinata dalla differenza dei pesi P e Q , e modificando questa differenza potevasi dare all'asse medesimo quella velocità che più piaceva. Per regolarizzare ancor meglio il movimento del molinello girante, applicai all'asse di questo un piccolo volante ed un moderatore ad alette. Infine, l'asse del tachimetro e quello di un delicato conta-giri, si potevano congiungere o disgiungere a piacere senza arrestare il movimento od influire in modo alcuno su di esso.

14. Il metodo di sperimentazione era semplicissimo. Regolava da prima la differenza tra i pesi P e Q a norma della velocità che voleva imprimere all'asse del tachimetro. Per due o tre minuti girava la manovella badando a mantenere ad una altezza pressochè invariabile i detti pesi, e ciò per lasciare il tempo al molinello girante di raggiungere una velocità costante. Collegava allora il tachimetro al conta-giri e contemporaneamente cominciava a contare il tempo. Di venti in venti secondi notava la velo-

cià indicata, e dopo due minuti primi disgiungeva il contatore dal tachimetro.

La metà del numero indicato dal conta-giri dava il numero delle rivoluzioni compiute dall'asse del tachimetro in un minuto primo, ossia la velocità angolare media dell'asse medesimo, misurata nel modo generalmente adottato nello studio pratico delle macchine. L'indicazione dell'istrumento non variava mai durante un'esperienza oltre le tre divisioni del quadrante, e perciò in ciascun esperimento la predetta velocità angolare e la media delle notate indicazioni tachimetriche si potevano considerare come quantità corrispondenti.

15. Io non istancherò il lettore riportando i risultati delle molte osservazioni che ho fatto col metodo indicato, e riportandone una sola serie, mi basterà avvertire che tutte le altre offrirono il medesimo andamento.

Le cinque esperienze, i risultati delle quali sono registrati nella tabella qui sotto esposta, vennero fatte applicando all'asse del molinello indicatore una molla, il cui momento di elasticità era di 86 *grammo-millimetri* per un angolo di rivolgimento eguale ad un retto.

ESPERIENZA	i Media indicazione tachimetrica	n Numero dei giri in 1'	$\frac{i}{n^2}$
1. ^a . . .	32,9	208	0,000760
2. ^a . . .	77,6	305	834
3. ^a . . .	120,6	375	858
4. ^a . . .	162,7	435	860
5. ^a . . .	208,6	488	876

Dai numeri della quarta finca di questa tabella apparisce che il rapporto $\frac{i}{n^2}$ non è costante, e che perciò l'indicazione del tachimetro non è proporzionale al quadrato della velocità del molinello girante, come forse si poteva pensare. La legge che lega i numeri i ed n è invece abbastanza bene rappresentata dalla formula empirica:

$$(a) \quad i = bn^2 - an,$$

dove a e b sono due costanti, che dipendono dalla energia della molla e dalla disposizione e dalle dimensioni delle parti dell'istrumento.

Se coi numeri registrati nella precedente tabella si determinano, col metodo dei minimi quadrati, i valori delle due predette costanti, si ottiene:

$$a = 0,0366$$

$$b = 0,00095.$$

Calcolando allora i valori della i mediante la soprascritta formula, e ponendoli a riscontro con quelli osservati, si ha:

ESPERIENZA	VALORE DI i		Differenza
	osservato	calcolato	
1. ^a . . .	32,9	33,5	+ 0,6
2. ^a . . .	77,6	77,2	— 0,4
3. ^a . . .	120,6	119,9	— 0,7
4. ^a . . .	162,7	163,8	+ 1,1
5. ^a . . .	208,6	208,4	— 0,2

Le differenze notate nella quarta finca di questo specchio condurrebbero ad errori sul numero dei giri compiuti dall'asse dello strumento in l' , che non superano l'uno per cento del numero medesimo.

In tutti gli altri esperimenti che ho fatto cambiando anche la molla, non trovai differenze fra i valori osservati e calcolati della i , che corrispondessero ad errori più grandi dell' 4,6 per cento del sopraddetto numero di giri. Potendosi quindi ritenere che un tale errore sia trascurabile nelle applicazioni del tachimetro alle macchine impiegate nelle industrie, si può accettare la formula (a) come una relazione, che con sufficiente approssimazione stabilisce la dipendenza fra l'indicazione dell'istrumento e la velocità angolare del suo asse.

16. Per graduare il tachimetro in guisa che questa velocità sia da esso direttamente indicata, si può procedere in due modi. Supposto applicato provvisoriamente allo strumento un quadrante diviso in parti eguali, mediante una serie di 5 o 6 osservazioni, si calcolano, col metodo dei minimi quadrati, le costanti a e b , e servendosi allora della (a) si determinano i punti di divisione del quadrante corrispondenti a velocità uniformemente crescenti. Oppure, rappresentando l'indicazione tachimetrica e la velocità angolare osservate colla assissa ed ordinata di un punto, si determina, mediante una serie di esperimenti, un numero sufficiente di tali punti per poter condurre facilmente la curva che più si avvicina ad essi, e con questa curva si trovano allora i punti del quadrante, che corrispondono a velocità angolari successivamente crescenti di una quantità costante. Trovati questi punti, sia poi col primo o secondo dei metodi indicati, essi soli si riportano sopra il quadrante che definitivamente deve essere applicato all'istrumento.

E qui giova ripetere quello che abbiamo detto al n.º 12,

che, cioè, la medesima divisione del quadrante vale per tutti gl'istrumenti costruiti sullo stesso modello e delle stesse dimensioni, e per ognuno di essi si dovrebbe solo regolare la lunghezza della molla spirale in modo, che l'indicazione fosse esatta in un solo punto della scala tachimetrica, perchè esatta pure riuscisse in tutti i punti della scala medesima.

17. Venendo a parlare delle qualità, che mi sembrano appartenere al mio strumento, noterò in primo luogo che poche assai sono le parti di cui è composto; riesce così semplicissimo e di facile costruzione. — Ogni suo organo non può muoversi che intorno ad asse passante pel proprio baricentro, e perciò la lancetta si mostrerebbe completamente insensibile agli scuotimenti a cui tutto l'apparecchio potesse essere soggetto. Il mio tachimetro può essere quindi applicato anche ai treni ferroviari. — Il moderato consumo dei cuscinetti, su cui ruotano gli assi dei due molinelli, non porta significativa alterazione alle indicazioni dell'istrumento. Ho potuto infatti verificare con apposite esperienze, che una leggiera inclinazione reciproca degli assi predetti, che sarebbe la conseguenza di tale consumo, non influisce in modo sensibile su quelle indicazioni. — Attesa la semplicità del suo organismo, il mio tachimetro non si può guastare così facilmente, e credo anzi che ciò solo potrebbe avvenire per un urto violento che ne spezzasse o deformasse le parti. — Gli attriti, che possono rendere pigri i movimenti della lancetta, si riducono a quello solo dell'asse del molinello indicatore sui cuscinetti che lo portano, e questo attrito riesce affatto trascurabile qualora si costruisca abbastanza leggero quel molinello. — Non esiste nessun meccanismo per ingrandire e per trasformare il movimento trasmesso alla lancetta. — Non vi è nessuna necessità di ripulire l'istrumento, e basta lubrificare il solo asse del molinello girante. — Può funzionare

in qualunque posizione ; il suo asse, cioè, può essere orizzontale, verticale od inclinato, senza che ciò influisca in modo alcuno sulla esattezza della indicazione.— Infine occupa poco spazio (non più di quello necessario per un ordinario manometro di Bourdon), e non potrà costare più di 50 o 60 lire. — L'apparecchio si presenta così con tutti i requisiti di un istrumento pratico.

18. Il mio tachimetro ha però un inconveniente ; le sue indicazioni sono direttamente proporzionali alla densità dell'aria, e dipendono così dalla temperatura e pressione di questa. Supposta esatta l'indicazione alla temperatura di 15 gradi centesimali ed alla pressione di 760 millimetri, l'errore che ai nostri climi si potrebbe temere per influenza della temperatura può salire fino al 7 per cento, e quello per influenza della pressione atmosferica potrebbe giungere tutto al più all' 4,5 per cento della velocità misurata.

Se dunque nelle pratiche applicazioni si può trascurare l'errore dovuto ai cangiamenti della pressione atmosferica, ciò in generale non sarebbe possibile per gli errori a cui conducono le variazioni della temperatura.

Giova però notare in primo luogo, che nella maggior parte dei casi basta solamente conoscere il rapporto fra le diverse velocità che un dato asse assume in un certo tempo. Gli errori predetti allora non avrebbero importanza alcuna, essendo essi proporzionali alla velocità misurata.

Tutte le volte che importasse avere i valori assoluti delle predette velocità, riesce facilissimo il determinare la correzione che si deve fare alla indicazione dell'istrumento per tener conto della influenza della temperatura ; ed anzi si potrebbe applicare sul quadrante del tachimetro un termometro (disposto come nei barometri aneroidi), il quale indicasse direttamente la correzione predetta espressa in *per cento* della velocità indicata.

Chiamando t_0 la temperatura alla quale il tachimetro venne graduato; t_1 la temperatura alla quale vien fatta una osservazione qualunque, ed a il coefficiente di dilatazione dell'aria, la correzione in discorso sarebbe data dalla :

$$\varepsilon = 100 \left\{ \frac{1 + at_1}{1 + at_0} - 1 \right\} .$$

Ora, le quantità at_0 e at_1 sono sempre abbastanza piccole perchè si possano trascurare i termini, che rispetto ad esse sono d'ordine superiore al primo, e si ha così :

$$\varepsilon = 100.a(t_1 - t_0) = 0,37(t_1 - t_0) .$$

La scala quindi delle correzioni, collocata da presso al termometro sopradetto, avrebbe lo *zero* nel punto che corrisponde alla temperatura t_0 , e 37 delle sue divisioni abbraccierebbero lo stesso intervallo dei 100 gradi del termometro impiegato. La correzione sarebbe da aggiungersi alla indicazione tachimetrica, se l'indice del termometro si trovasse al di sopra dello *zero*, da sottrarsi se al di sotto.

19. Si potrebbe pensare che, pur rimanendo invariata la velocità del molinello girante, la spinta dell'aria sulle palette del molinello indicatore non sia abbastanza costante, perchè la posizione d'equilibrio di quest'ultimo molinello riesca veramente fissa. Si potrebbe sospettare, cioè, che la lancetta si mostri irrequieta, se anche la velocità dell'asse dell'istrumento rimane sempre la stessa. Ciò infatti è vero, e quantunque le oscillazioni della lancetta sieno abbastanza piccole, perchè si possa facilmente stimare la posizione media di essa, pure volli cercare un mezzo che valesse a toglierle del tutto.

Questo mezzo lo trovai semplicissimo; senza nulla aggiungere alle parti che compongono l'istrumento; senza nuocere in modo alcuno alla piena libertà dei movimenti

ordinati dalla lancetta, e lo applicai ad un nuovo tachimetro completamente costruito in metallo.

Questo tachimetro dà indicazioni perfettamente stabili; la scala delle velocità del suo asse si estende da 100 a 500 giri per minuto primo, e l'indice percorrendo tutta intera questa scala neppure compie un giro completo. La sua costruzione è robusta, e può essere facilmente applicato a qualunque macchina.

È mia intenzione di pubblicare in seguito un disegno di questo istrumento insieme ai risultati degli esperimenti di pratica applicazione che con esso avrò potuto fare, ed allora coll'ajuto di detto disegno avrò tutta l'opportunità per descrivere anche l'artificio col quale giunsi a togliere i moti disordinati della lancetta.

(Estr. dal Vol. VI, Ser. V degli Atti del R. Istituto veneto
di scienze, lettere ed arti.)